УДК 577.1:633.34 (631.527)

DOI 10.25230/2412–608X–2018–3–175–58–63

ДИНАМИКА БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СЕМЯДОЛЕЙ СОИ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

О.А. Юсова,

кандидат сельскохозяйственных наук

А.М. Асанов,

кандидат сельскохозяйственных наук

Л.В. Омелянюк,

доктор сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»
(«Омский АНЦ»)

644012, г. Омск-12, пр-т Королева, 26

Тел./факс: (3812) 77-68-87, 77-69-46

E-mail: agrnc55@gmail.com

Для цитирования: Юсова О.А., Асанов А.М., Омелянюк Л.В. Динамика биохимического состава семян сои в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – Вып. 3 (175). – С. 58–63.

Ключевые слова: соя, семена, общий азот, сырой жир, сухая биомасса.

Соя относится к группе двудольных растений. Семядоли сои выполняют двойную функцию: с одной стороны они являются запасными органами семени, с другой, – при его прорастании являются фотосинтезирующими органами. Цель наших исследований: проследить динамику биохимического состава и сухой биомассы семядолей сортов сои после прорастания семени в процессе роста растения в естественных погодных условиях. Объектом исследований являлись сорта сои Эльдorado и СибНИИК 315. Исследования выполнялись в полевых мелкоделяночных опытах лаборатории селекции зернобобовых культур ФГБНУ СибНИИСХ с 2013 по 2015 гг. В процессе роста и развития растений наблюдалось снижение содержания общего азота к фазе первого тройчатого листа до 14,38 %, сырого жира до 10,18 % по отношению к семени перед посевом, а также доли сухой биомассы семядолей до 13,14 % к их общей массе. Содержание в семядолях как общего азота, так и сырого жира снижалось при увеличении суммы осадков ($r = -0,481$ и $-0,168$). Повышение

температуры способствовало интенсивной убыли азота и жира ($r = 0,792$ и $0,880$). Общая биомасса семядолей убывала при повышении перечисленных климатических факторов ($r = -0,376$ и $-0,682$), сухая биомасса – при обильных осадках ($r = -0,568$). Уменьшение сырого жира в семядолях способствовало снижению содержания общего азота ($r = 0,893$) и сухой биомассы ($r = 0,607$). Сопряженность сухой биомассы семядолей с их общей биомассой также прямая высокая ($r = 0,855$).

UDC 577.1:633.34 (631.527)

Dynamics of biochemical composition of soybean cotyledons in the southern steppe of the Western Siberia.

O.A. Yusova, PhD in agriculture

A.M. Asanov, PhD in agriculture

L.V. Omel'yanyuk, doctor of agriculture

Federal state scientific institution "Omsk Agrarian Scientific Center"

26, Pr. Koroleva, Omsk, 644012, Russia

E-mail: 55asc@bk.ru

Key words: soybean, cotyledons, total nitrogen, crude fat, dry biomass.

Soybean belongs to dicotyledonous group of plants. Soybean cotyledons serve a dual function: on the one hand, they are the storage organs of the seed, on the other, when seeds germinating cotyledons are photosynthetic organs. The aim of our studies was to follow the dynamics of biochemical composition and dry biomass of soybean cotyledons after seed emergence and during plant growth in natural weather conditions. The object of this study was soybean varieties Eldorado and SibNIK 315. We conducted our experiment in small field trials of the laboratory of legumes breeding of the Siberian research institute of agriculture (Omsk) in 2013–2015. During growth and development of plants, we observed the decrease of total nitrogen content to 14.38% by the phase of the first trifoliate leaf, crude fat – to 10.18% in relation to the same traits in seeds before sowing, as well as the share of dry biomass of cotyledons to 13.14% of their total mass. Both total nitrogen and crude fat contents in the cotyledons decreased while increasing precipitation amount ($r = -0.481$ and -0.168). The temperature rise caused heavy loss of nitrogen and fat ($r = 0.792$ and 0.880). The total biomass of cotyledons decreased under increasing the mentioned climatic factors ($r = -0.376$ and -0.682), dry biomass – under abundant rainfall ($r = -0.568$). The decrease of crude fat in the cotyledons contributed to a decrease in total nitrogen content ($r = 0.893$) and dry biomass ($r = 0.607$). The correlation between dry biomass of cotyledons and their total biomass is also straight high ($r = 0.855$).

Введение. Семя является репродуктивной частью растения. Оно представляет собой оплодотворенную и развившуюся семяпочку, заключающую внутри себя миниатюрное растение, которому обычно сопутствуют запасы питательных веществ в виде эндосперма или перисперма [1]. Семена с хорошо развитым эндоспермом больше свойственны однодольным. Многие виды из числа двудольных имеют слабо развитый эндосперм, тогда запасные продукты откладываются в других частях зародыша – в гипокотиле и семядолях [2].

Семядоли гомологичны листьям, они являются боковыми придатками оси зародыша – гипокотилея. При прорастании семени сои семядоли выносятся на поверхность почвы, зеленеют и выполняют функцию фотосинтеза [2].

Еще в 1872 г. Пфеффер заметил, что покоящиеся семена содержат многочисленные белковые гранулы [3]. Хартинг назвал эти гранулы «алейроновыми зернами» [1]. Данные, полученные на примере арахиса, говорят о том, что белки активно откладываются в алейроновых вакуолях. Концентрация белка в вакуолях возрастает по мере созревания семени вплоть до формирования классических алейроновых зерен [1], которые образуются вследствие высыхания вакуолей, выпадения в осадок белка и его кристаллизации. Это, однако, обратимый процесс, так как при прорастании семени, когда оно обогащается водой и появляется клеточный сок, алейроновые зерна вновь превращаются в вакуоли [1].

Соя относится к группе двудольных растений. Таким образом, семядоли сои выполняют двойную функцию: с одной стороны, они являются запасными органами семени, с другой, – при его прорастании являются фотосинтезирующими органами.

Цель наших исследований: проследить динамику биохимического состава и сухой биомассы семядолей сортов сои по-

сле прорастания семени в процессе роста растения в естественных погодных условиях.

Методика исследований. Исследования выполнялись в полевых мелкоделяночных опытах лаборатории селекции зернобобовых культур ФГБНУ СибНИИСХ с 2013 по 2015 гг.

Предшественник – озимые культуры на зерно. Основная обработка почвы – отвальная зябь. Весной проводилось боронование в два следа. Непосредственно перед посевом внесена стартовая доза азотного удобрения (аммиачная селитра – 100 кг/га). Посев 17–18 мая сеялкой ССФК-7. Норма высева 0,8 млн всхожих семян на гектар. Повторность опыта 4-кратная.

Отбор проб растений для анализа динамики развития семядолей осуществлялся по 10 растений с каждой повторности в фазах первого тройчатого листа и бутонизации [4]. Проведен анализ накопления и распределения биомассы [5]. Биохимические показатели определяли в абсолютно сухой навеске. Содержание сырого жира в семядолях определяли в аппарате Сокслета по разности обезжиренного и необезжиренного остатка, содержание общего азота – на автоматическом анализаторе “KjeltekAuto 1030 Analyzer” [6].

Математическая обработка данных проведена по пособию Доспехова [7] в приложении Excel для ПК.

Объектом исследований являлись сорта сои Эльдorado и СибНИИК 315.

Эльдorado – сорт зернового направления, создан в СибНИИСХ, относится к маньчжурскому подвиду, апробационная группа *flavida*. Сорт скороспелый, отличается засухоустойчивостью в первую половину вегетации. Средняя урожайность семян составляет 2,86 т/га, характеризуется повышенным содержанием белка в зерне – от 39 до 40,3 %. По содержанию сырого жира сорт находится на уровне стандарта – около 18 %. Более устойчив к поражению бактериозом, чем стандарт. Районирован в 2010 г. и реко-

мендуется для зон степи и лесостепи Западной Сибири (патент на селекционное достижение № 5343) [8].

Стандартом в течение всего периода исследований выступал сорт СибНИИК 315, полученный в СибНИИ кормов (г. Новосибирск) методом индивидуального отбора в потомстве естественного гибрида из сортообразца ВИР (к. 5828). Урожайность зерна составляет 2,0–2,4 т/га, содержание белка в зерне – 36–39 %, сырого жира – 20–22 %. В 1991 г. данный сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Западно-Сибирскому региону [9].

Западная Сибирь традиционно считается зоной рискованного земледелия. Типично континентальный климат южной части Западной Сибири с коротким вегетационным периодом, поздним прекращением заморозков весной и ранним наступлением их осенью, проявлением региональных типов засух и ливневых осадков обуславливают необходимость внедрения в производство сортов сои, выносливых к экстремальным условиям возделывания. Климатические условия в годы проведения исследований были достаточно контрастными и довольно полно отражали особенности южной лесостепной зоны Омской области, что отразилось на росте и развитии растений сои (рисунок).

Рисунок – Характеристика климатических условий периода вегетации 2013–2015 гг.

Достаточным увлажнением отличался период вегетации 2013 г., сумма осадков превышала среднемноголетние данные в мае, июле и августе в 2–3 раза на фоне недостатка тепла ($-0,8 \dots -1,0$ °C) с мая по июль.

В 2014 г. наблюдалось неравномерное распределение тепла: жаркая погода мая и июня ($+1,3$ и $+0,5$ °C соответственно) сменилась холодным июлем с недобором суммы температур в этом месяце ($-3,4$ °C) и превышением по сумме температур в августе ($+3,0$ °C). Недобор осадков наблюдался в течение всего периода вегетации ($-0,5 \dots -73,3$ % к среднемноголетним данным).

В период вегетации 2015 г. на фоне обильных осадков ($+8,2 \dots +27,8$ % к норме в мае, июне и августе) наблюдалось неравномерное распределение тепла: жаркие май и июнь ($+2,4 \dots +3,0$ °C) сменились недобором тепла в июле и августе ($-1,6 \dots -0,7$ °C).

Результаты и обсуждение. Фаза прорастания сои начинается с набухания семян и завершается появлением семядольных листьев на поверхности почвы [10]. Имеются данные о высокой интенсивности окислительно-восстановительных процессов в кожуре сои при прорастании семян. Прорастание сопровождается количественными и качественными изменениями в семени [11], происходит усиление синтеза белка [2], для чего освобождаются аминокислоты из запасных белков [11]. Указанные процессы обуславливают высокую питательную ценность проростков сои. В прорастающих семенах сои наблюдалась постепенная убыль жира и накопление свободных жирных кислот на ранних стадиях прорастания [12].

В фазе всходов семядольные листья вначале сомкнуты и изогнуты вниз, затем гипокотиль распрямляется, семядоли раскрываются и зеленеют на свету. Питание проростка в фазе всходов продолжается еще за счет запасов, имеющих в семядолях. Первый тройчатосложный лист

раскрывается через 12–16 дней после появления всходов [10].

Результаты наших исследований показали, что в фазе первого тройчатого листа наблюдались насыщенный зеленый цвет и оптимальный тургор семядолей. Общая их биомасса составляла 1,59 г/раст., сухая биомасса – 20,16 % от общей в среднем по сортам.

Согласно литературным данным, после развития 3–5 тройчатых листьев семядоли желтеют, а затем засыхают и опадают [13]. Наши исследования свидетельствуют, что в условиях южной лесостепи семядоли сои функционировали до фазы бутонизации (вторая декада июля). В фазе бутонизации семядоли начинали желтеть, терять тургор, общая биомасса снижалась до 1,33 г при доле сухой биомассы 13,14 % (табл. 1).

Таблица 1

Динамика биохимического состава и сухой биомассы семядолей сортов сои, среднее за 2013–2015 гг.

Сорт	Содержание сырого жира, %			Содержание общего азота, %			Биомасса семядолей		
	семена перед посевом	семядоли		семена перед посевом	семядоли		общая, г	сухая, г	отношение сухой биомассы к общей, %
		сырой жир, %	отношение к семенам, %		азот, %	отношение к семенам, %			
Фаза первого тройчатого листа									
СибНИИК 315, st.	17,38	2,22	12,77	6,28	2,56	40,76	1,81	0,35	19,34
Эльдорадо	17,32	2,89	16,69	6,10	2,49	40,82	1,38	0,29	21,01
Среднее по сортам	17,35	2,55	14,70	6,19	2,53	40,79	1,59	0,32	20,16
Фаза бутонизации									
СибНИИК 315, st.	17,38	1,34	7,71	6,28	0,89	14,17	1,42	0,19	13,38
Эльдорадо	17,32	2,19	12,64	6,10	0,89	14,59	1,24	0,16	12,90
Среднее по сортам	17,35	1,76	10,18	6,19	0,89	14,38	1,33	0,17	13,14
$S_{\bar{x}}$	0,02	0,32	1,30	0,05	0,47	3,90	0,12	0,04	1,59

S_x – абсолютная ошибка выборочной средней; st. – стандартный сорт

Также снижалось в семядолях и содержание питательных веществ. Так, содержание сырого жира в зерне перед посевом составляло 17,35 %. По мере роста и развития растений масличность семядолей снизилась до 2,55 % в фазе первого тройчатого листа и до 1,76 % в

фазе бутонизации, что составило соответственно 14,70 и 10,18 % в фазе по отношению к семенам перед посевом.

Содержание общего азота в семенях перед посевом наблюдалось на уровне 6,19 %, в последующих фазах произошло его снижение; до 2,53 % в фазе первого тройчатого листа и до 0,89 % в фазе бутонизации, что составило 40,79 и 14,38 % соответственно по отношению к семенам перед посевом.

Сорт Эльдорадо имел более высокую, по сравнению с СибНИИК 315, долю сырого жира в семядолях в процессе развития растений: +3,92 % к стандарту в фазе первого тройчатого листа и +4,93 % к стандарту в фазе бутонизации в среднем за период исследований.

Оценка динамики биохимического состава семядолей по годам свидетельствует о том, что в 2013 г. в семядолях сои наблюдалось максимальное содержание как азота (2,56 и 1,36 % в фазах первого тройчатого листа и бутонизации соответственно), так и сырого жира (2,81 и 2,28 %) (рис. 2). Максимум сухой биомассы семядолей в фазе первого тройчатого листа наблюдался также в 2013 г. (0,47 г), в фазе бутонизации – в 2014 г. (0,19 г).

Рисунок 2 – Динамика биохимического состава семядолей сои в среднем по сортам в зависимости от фенологической фазы и условий года:
А – фаза первого тройчатого листа;
Б – фаза бутонизации

В наших исследованиях фаза первого тройчатого листа отмечалась в третьей декаде июня. Данная декада характеризу-

ввалась сухой и жаркой погодой: превышение среднесуточных температур за весь период исследований составило +1,3...+2,2 °С. Отсутствие осадков в указанном периоде отмечено в 2013 и 2015 гг. и 30 % от нормы выпало в 2014 г.

Фаза бутонизации приходилась на вторую декаду июля. Данная декада, напротив, отличалась недобором температур за весь период исследований (-0,2 ... -4,5 °С к среднесуточным данным) на фоне неравномерного распределения осадков (превышение нормы в 2 раза в 2013 г., соответствие норме в 2014 г. и 4 % от нормы в 2015 г.).

Корреляционный анализ показал, что содержание в семядолях как общего азота, так и сырого жира снижалось при увеличении суммы осадков за межфазный период первый тройчатый лист – бутонизация ($r = -0,481$ и $-0,168$) (табл. 2). Повышение температуры способствовало интенсивной убыли азота и жира ($r = 0,792$ и $0,880$), что ускоряло отмирание семядольных листьев и вполне согласуется с данными других исследователей [13].

Таблица 2

Сопряженность (r) основных биохимических показателей семядолей сои с климатическими факторами

Биохимический показатель семядолей	Климатический фактор		Биохимический показатель семядолей		
	сумма		содержание		общая масса
	температур	осадков	общего азота	сырого жира	
Содержание общего азота	0,880*	-0,481*	-	-	-
Содержание сырого жира	0,792*	-0,168	0,893*	-	-
Общая биомасса	-0,376*	-0,682*	0,109	0,115	-
Сухая биомасса	0,077	-0,568*	0,510*	0,607*	0,855*

* – существенно при $P_{05} = 0,180$

Общая биомасса семядолей убывала при повышении перечисленных климатических факторов ($r = -0,376$ и $-0,682$), сухая биомасса – при обильных осадках ($r = -0,568$).

В свою очередь, снижение содержания сырого жира в семядолях способствовало снижению содержания общего азота ($r = 0,893$) и сухой биомассы ($r = 0,607$). Сопряженность сухой биомассы семядолей с их общей биомассой также прямая высокая ($r = 0,855$).

Выводы. 1. В условиях южной лесостепи семядоли сои функционировали до фазы бутонизации. В процессе роста и развития растений наблюдалось снижение содержания азота до 14,38 %, сырого жира до 10,18 % по отношению к семени перед посевом, а также доли сухой биомассы семядолей до 13,14 % к их общей массе.

2. Содержание в семядолях как общего азота, так и сырого жира снижалось при увеличении суммы осадков за межфазный период первый тройчатый лист – бутонизация. Повышение температуры способствовало интенсивной убыли азота и жира ($r = 0,792$ и $0,880$). Общая биомасса семядолей убывала при повышении перечисленных климатических факторов ($r = -0,376$ и $-0,682$), сухая биомасса – при обильных осадках ($r = -0,568$).

3. Уменьшение сырого жира в семядолях способствовало снижению содержания общего азота ($r = 0,893$) и сухой биомассы ($r = 0,607$). Сопряженность сухой биомассы семядолей с их общей биомассой также прямая высокая ($r = 0,855$).

Список литературы

1. Плешков Б.П. Белки семян зерновых и масличных культур. – М.: Колос, 1977. – 312 с.
2. Хржановский В.Г. Курс общей ботаники (цитология, гистология, органогенез, размножение). Учебник для сельскохозяйственных вузов. – М.: Высшая школа, 1976. – С. 64, 113, 225.
3. Pfeffer W. Investigations about protein granules and the significance of asparagines during seed germination // Jahrb. Wiss. Botany. – 8. – P. 429–574, 1872.
4. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами.

рами / Под общ. ред. В.М. Лукомца. Изд. 2-е. – Краснодар, 2010. – 328 с.

5. Методические рекомендации по определению некоторых физиологических показателей растений пшеницы при сортоизучении / Под общей редакцией В.А. Кумакова – М.: ВАСХНИЛ, 1982. – 27 с.

6. Беркутова Н.С. Методы оценки и формирование качества зерна. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 206 с.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – 416 с.

8. Сорта сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ СибНИИСХ / Отв. ред. И.Ф. Храмцов. – Омск: Вариант, 2015. – 154 с.

9. Сорта сельскохозяйственных культур селекции ГНУ СибНИИСХ / Отв. ред. Р.И. Рутц. – Омск: Вариант, 2013. – 143 с.

10. Федотов В.А., Гончаров С.В., Столяров О.В. [и др.]. Соя в России. – М.: Агролига России, 2013. – 432 с.

11. Кононенко В.А., Иваченко Л.Е. Активность и множественные формы пероксидазы в семенах сои // Проблемы экологии верхнего Приамурья: сб. науч. тр. под общ. ред. профессора Л.Г. Колесниковой. – Благовещенск: Благовещенский государственный педагогический университет, 2009. – С. 56–61.

12. Васюкова А.Н. Биохимический состав и питательная ценность соевых проростков // Технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. науч. тр. – Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2014. – С. 10–14.

13. Васякин Н.И. Зернобобовые культуры в Западной Сибири. – Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2002. – 184 с.

References

1. Pleshkov B.P. Belki semyan zernovykh i maslichnykh kul'tur. – М.: Kolos, 1977. – 312 s.

2. Khrzhanovskiy V.G. Kurs obshchey botaniki (tsitologiya, gistologiya, organografiya, razmnozheniye). Uchebnik dlya sel'skokhozhvuzov. – М.: Vysshaya shkola, 1976. – S. 64, 113, 225.

3. Pfeffer W. Investigations about protein granules and the significance of asparagines during seed germination // Jahrb. Wiss. Botany. – 8. – R. 429–574, 1872.

4. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami / Pod obshch. red. V.M. Lukomtsa. Izd. 2-e. – Krasnodar, 2010. – 328 s.

5. Metodicheskiye rekomendatsii po opredeleniyu nekotorykh fiziologicheskikh pokazateley rasteniy pshenitsy pri sortoizuchenii / Pod obshchey redaktsiyey V.A. Kumakova – М.: VASKHNIL, 1982. – 27 s.

6. Berkutova N.S. Metody otsenki i formirovaniye kachestva zerna. – М.: Rosagropromizdat, 1991. – 206 s.

7. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta. – М.: Kolos, 1973. – 416 s.

8. Sorta sel'skokhozyaystvennykh kul'tur selektsii FGBNU SibNIISKH / Otв. red. I.F. KHramtsov. – Омск: Variant, 2015. – 154 s.

9. Sorta sel'skokhozyaystvennykh kul'tur selektsii GNU SibNIISKH / Otв. red. R.I. Rutts. – Омск: Variant, 2013. – 143 s.

10. Fedotov V.A., Goncharov S.V., Stolyarov O.V. [i dr.]. Soya v Rossii. – М.: Agroliga Rossii, 2013. – 432 s.

11. Kononenko V.A., Ivachenko L.E. Aktivnost' i mnozhestvennyye formy peroksidazy v semenakh soi // Problemy ekologii verkhnego Priamur'ya: sb. nauch. tr. pod obshch. red. professora L.G. Kolesnikovoy. – Blagoveshchensk: Blagoveshchenskiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet, 2009. – S. 56–61.

12. Vasyukova A.N. Biokhimicheskiy sostav i pitatel'naya tsennost' soyevykh prorostkov // Tekhnologii proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii: sb. nauch. tr. – Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyy GAU, 2014. – S. 10–14.

13. Vasyakin N.I. Zernobobovyie kul'tury v Zapadnoy Sibiri. – Novosibirsk: GUP RPO SO RASKHN, 2002. – 184 s.

Получено: 01.03.2018 Принято: 17.09.2018
Received: 01.03.2018 Accepted: 17.09.2018